

## Efecto del tiempo de subida del estímulo acústico sobre la respuesta cardíaca de defensa y el reflejo motor de sobresalto

Isabel Ramírez Uclés, Emilia Inmaculada de la Fuente Solana, Ignacio Martín Tamayo y Jaime Vila Castellar  
Universidad de Granada

El tiempo de subida es una característica paramétrica del estímulo que permite diferenciar entre reflejos psicofisiológicos. El objetivo del presente estudio fue examinar el efecto del tiempo de subida de un estímulo acústico en dos reflejos protectores: la respuesta cardíaca de defensa y el reflejo motor de sobresalto. 100 participantes realizaron una prueba de reactividad psicofisiológica ante cinco presentaciones de un estímulo auditivo intenso (ruido blanco de 105 dB) bajo una de cinco condiciones de tiempo de subida: 0, 24, 48, 96 y 240 milisegundos. La energía total del estímulo se mantuvo constante mediante el incremento de la duración base del estímulo (1.000 milisegundos) en un tercio del tiempo de subida. Los resultados indican que el tiempo de subida afecta significativamente al reflejo motor de sobresalto pero no a la respuesta cardíaca de defensa. La amplitud del sobresalto disminuye linealmente a partir de tiempos de subida superiores a 24 milisegundos. Por otra parte, la repetición del estímulo afecta significativamente a la respuesta cardíaca de defensa pero no al reflejo motor de sobresalto. Estos resultados cuestionan la diferenciación tradicional entre sobresalto y defensa basada en el tiempo de subida.

*Effect of manipulating the risetime of an acoustic stimulus on two protective reflexes: cardiac defense and motor startle. The risetime is a parametric characteristic of the eliciting stimulus frequently used to differentiate among psychophysiological reflexes. The aim of the present study was to examine the effect of manipulating the risetime of an acoustic stimulus on two protective reflexes: cardiac defense and motor startle. 100 participants underwent a psychophysiological reactivity test to five presentations of an intense acoustic stimulus (105 dB white noise) under one of five risetime conditions: 0, 24, 48, 96, and 240 ms. Total energy of the stimulus was controlled by increasing the base duration of the stimulus (1000 ms) by one third of the risetime. Results showed that risetime significantly affected motor startle but not cardiac defense. Startle amplitude decreased linearly with increasing risetime after 24 ms. On the other hand, repetition of the stimulus significantly affected cardiac defense but not motor startle. These results question the traditional differentiation between startle and defense based on risetime.*

En el contexto de la investigación psicofisiológica existen gran cantidad de estudios centrados en la diferenciación de los reflejos cardíacos de orientación, sobresalto y defensa (Cook y Turpin, 1997; Graham y Clifton, 1966; Pavlov, 1927, entre otros). La distinción entre dichos reflejos se ha llevado a cabo en función de dos factores fundamentalmente: a) la dirección de la respuesta cardíaca: aceleración frente a deceleración; y b) las características paramétricas del estímulo elicitor de la respuesta: intensidad, duración y tiempo de subida.

Siguiendo el modelo tradicional de Graham (1979, 1997), el reflejo de defensa y el reflejo de orientación se distinguen en función de la dirección de la respuesta cardíaca: mientras que el reflejo de orientación produce una deceleración cardíaca, el reflejo de defen-

sa produce una aceleración cardíaca, y en función de la intensidad del estímulo: intensidad baja o moderada en el reflejo de orientación e intensidades altas en el reflejo de defensa. Por otro lado, el componente cardíaco del reflejo de defensa y del reflejo de sobresalto, ambos elicitados por estímulos de intensidades altas, se distinguen en función de los siguientes factores: a) latencia de la aceleración cardíaca: latencias menores en las respuestas de sobresalto (entre 0 y 3 segundos) y latencias mayores (entre 3 y 6 segundos) en las respuestas defensivas; b) duración de los estímulos elicitores: más corta en el reflejo de sobresalto y más larga en el reflejo de defensa; y c) tiempo de subida de los estímulos: instantáneo o muy corto en el reflejo de sobresalto y prolongado en el reflejo de defensa.

Por otro lado, desde otra perspectiva psicofisiológica clásica el modelo propuesto por Turpin, (Cook y Turpin, 1997; Turpin, 1986; Turpin, Schaefer y Boucsein, 1999) mantiene la diferenciación entre la respuesta cardíaca de sobresalto y defensa en función de las mismas características estímulares propuestas por Graham, pero propone una nueva diferenciación en función de la latencia de la respuesta cardíaca acelerativa: aceleraciones de corta latencia (entre 1 y 6 segundos) para el reflejo cardíaco de sobresalto y ace-

leraciones de mayor latencia (entre 20 y 40 segundos) en el caso del reflejo cardíaco de defensa.

De forma resumida, la respuesta cardíaca de defensa: a) constituye un patrón de cambios cardíacos fásicos con cuatro componentes observables dentro de los 80 segundos posteriores a la presentación de estimulación intensa o aversiva: una primera aceleración de corta latencia y duración, seguida de una deceleración que generalmente sobrepasa la línea de base, y una segunda aceleración de larga latencia y duración que termina con una segunda deceleración (Pérez y cols., 2000; Ramírez y cols., 2005; Sánchez y cols., 2002; Ruiz-Padial y cols., 2002; Vila y cols., 2003, entre otros); b) no es inespecífica de la modalidad sensorial del estímulo elicitor: la estimulación auditiva y electrocutánea discreta e intensa la elicitan, mientras que la estimulación visual no (Vila y Fernández, 1989a); c) la intensidad del estímulo es un factor facilitador pero no determinante en la evocación de la respuesta: intensidades moderadas también provocan el patrón de la respuesta (Vila y Fernández, 1989a); d) la duración del estímulo afecta al patrón de la respuesta: la primera aceleración aumenta linealmente en función del incremento de la duración y la segunda aceleración sólo aparece con estímulos de larga duración –500 y 1.000 ms– (Ramírez y cols., 2005); e) muestra una rápida habituación que afecta fundamentalmente a los tres últimos componentes: el patrón completo de la respuesta desaparece prácticamente tras la primera presentación del estímulo (Eves y Gruzelier, 1985; Pérez y cols., 2000; Ramírez y cols., 2005; Sánchez y cols., 2002; Ruiz-Padial y cols., 2002; Vila y cols., 2003, entre otros); f) existen diferencias sexuales en la evocación de la respuesta: encontrándose un incremento significativo del primer componente acelerativo en las mujeres y del segundo componente acelerativo en los hombres (Vila, Fernández y Godoy, 1992); g) manifiesta marcadas diferencias individuales distinguiéndose dos grupos principales de participantes: los que muestran la segunda aceleración y los que no la muestran (Fernández y Vila, 1989; Pérez y cols., 1998); y h) su mediación fisiológica es tanto simpática como parasimpática: los dos primeros componentes están mediados vagalmente, mientras que los dos últimos reflejan interacciones simpático-parasimpáticas de carácter recíproco (Reyes, Vila y García, 1994).

Por su parte, el reflejo de sobresalto es un patrón de activación motora elicitado por estimulación intensa o aversiva de inicio repentino. Fue descrito por Landis y Hunt (1939) como una acción refleja con tres componentes: a) un parpadeo; b) una inclinación brusca de la cabeza hacia delante; y c) una onda de flexión descendente que se transmite desde el tronco hasta las rodillas. Existe una amplia literatura sobre la modulación emocional de este reflejo tanto en animales (Lang, Davis y Öhman, 2002) como en humanos (Cobos y cols., 2002; Lang, 1995; Marcos y Redondo, 2004; Ruiz-Padial, 2002; Sánchez y cols., 2002). La medida más utilizada del reflejo de sobresalto en humanos se basa en el registro psicofisiológico del parpadeo a través de la electromiografía (EMG) del músculo orbicular del ojo. El perfil y la amplitud de la respuesta electromiográfica se puede obtener tanto con EMG directo como con EMG integrado. Y, aunque el reflejo puede ser evocado por diferentes estímulos (soplo de aire, luces intensas o pequeños calambres), la estimulación más utilizada es la auditiva, concretamente un ruido blanco de 95/100 dB de intensidad, 50/100 ms de duración y un tiempo de subida instantáneo.

El reflejo de sobresalto también se ha relacionado con componentes cardíacos. Siguiendo el planteamiento tradicional de Graham (1979), éste sería un reflejo elicitado por estimulación intensa, que provoca una aceleración cardíaca de corta latencia (entre 0

y 3 segundos). En cuanto a las características paramétricas del estímulo evocador del reflejo de sobresalto, se trataría de un estímulo auditivo intenso, de corta duración y tiempo de subida instantáneo. Turpin (1989) mantiene la diferencia entre sobresalto y defensa en función de las mismas características, no obstante, propone que el reflejo de sobresalto consistiría en una aceleración cardíaca de corta latencia provocada entre 1 y 6 segundos posteriores a la presentación del estímulo acústico.

Los estudios de Blumenthal (1988) sugieren que la intensidad y el tiempo de subida del estímulo son características del estímulo importantes en la elicitación de los reflejos motores de sobresalto. Concretamente, el reflejo de sobresalto se ve potenciado como resultado de un incremento de la intensidad y un decremento en el tiempo de subida del estímulo acústico. En cuanto a la duración del estímulo, los resultados indican que la amplitud del reflejo de sobresalto no se ve afectada por la duración del estímulo: estímulos acústicos de duraciones cortas y largas producen igual patrón de reflejo de sobresalto (Ramírez y cols., 2002).

El objetivo general del presente estudio es examinar el efecto del tiempo de subida de un estímulo auditivo intenso sobre la respuesta cardíaca de defensa y sobre el componente motor del reflejo de sobresalto. Para ello examinaremos el efecto de la manipulación del tiempo de subida del estímulo acústico (manteniendo constante su intensidad y nivel de energía total) sobre ambos reflejos en cinco condiciones. Las condiciones experimentales se corresponden con tiempos de subida instantáneo (0), 24, 48, 96 y 240 ms, respectivamente. Los participantes fueron sometidos a un procedimiento de evocación de la respuesta de tasa cardíaca y del reflejo de sobresalto ante cinco presentaciones de un estímulo auditivo intenso (ruido blanco de 105 dB y 1.000 ms de duración).

## Método

### *Participantes*

Participaron 100 estudiantes voluntarios de Psicología, 50 hombres, con edades comprendidas entre los 17 y 41 años (Media= 21.96 y Desviación típica= 4.36), y 50 mujeres, con edades entre los 17 y 31 años (Media= 21.79 y Desviación típica= 3.00). Ninguno de los participantes se encontraba bajo tratamiento farmacológico y/o psiquiátrico, ni presentaba trastornos cardiovasculares y/o deficiencias auditivas y/o visuales.

### *Diseño*

Los 100 participantes fueron asignados de forma aleatoria a cinco grupos experimentales. Se controló mediante bloqueo la variable sexo. Las cinco condiciones correspondían a un diseño unifactorial entregrupos con cinco niveles en función de la duración del tiempo de subida del estímulo acústico evocador de los reflejos defensivos. En la primera condición, los participantes recibían un estímulo con tiempo de subida instantáneo (0 ms) y para las restantes condiciones, tiempos de subida de 24, 48, 96 y 240 ms, respectivamente. Los participantes fueron sometidos a cinco presentaciones de un estímulo auditivo intenso (ruido blanco de 105 dB y 1.000 ms de duración base).

### *Test psicofisiológico*

La prueba consistió en presentar el estímulo auditivo con el tiempo de subida correspondiente a la condición experimental, en

cinco ocasiones, de acuerdo con la siguiente secuencia: a) 10 minutos de período de adaptación; b) 5 presentaciones del estímulo auditivo con un intervalo entre-estímulos de 95 segundos; y c) un período final de 120 segundos sin estimulación. Durante toda la prueba se registraba la tasa cardíaca de los participantes latido-a-latido y la respuesta electromiográfica del músculo orbicular del ojo.

Considerando que la manipulación del tiempo de subida de un estímulo acústico afecta a la energía total del estímulo (menor energía total con tiempos de subida más largos), se ha controlado este efecto manteniendo constante la energía total del estímulo auditivo, de acuerdo con los datos del estudio de Dallos y Olsen (1964). Establecieron, mediante técnicas psicofísicas, la fórmula matemática que iguala la cantidad de energía total en estímulos acústicos que varían en tiempos de subida y bajada (envolvente del estímulo), esto es,  $T = 2r/3 + P$ , donde  $T$  representa el total de energía,  $r$  representa el tiempo de subida-bajada del estímulo y  $P$  se refiere a la duración base del estímulo auditivo. En el estudio, dado que sólo manipulamos el tiempo de subida del estímulo, el control de la energía diferencial del estímulo lo ajustamos ampliando la duración base del estímulo mediante la fórmula  $T = r/3 + P$ , de forma que en cada condición experimental los participantes recibirían la misma cantidad de energía del estímulo acústico.

#### Aparatos e instrumentos

- *Polígrafo*: se utilizó un polígrafo GRASS (modelo Rps 7c 8b). La tasa cardíaca se registró mediante un preamplificador cardiografómetro Grass, modelo 7P4, a través del cual se recogió el electrocardiograma en la derivación II. El EMG directo se registró mediante un preamplificador e integrador 7P3C a partir de la señal captada sobre el músculo orbicular del ojo izquierdo.
- *Estimulador auditivo Coulbourn*: se utilizaron los módulos S81-02, S84-04, S82-24 y S22-18 del estimulador auditivo Coulbourn que permiten presentar un ruido blanco de intensidad, duración y tiempo de subida variables. Los sonidos llegaban a los participantes a través de unos auriculares Telephonics modelo TDH49P. La intensidad del sonido fue calibrada con un sonómetro (Brüel & Kjaer, modelo 2235) utilizando un oído artificial (Brüel & Kjaer, modelo 4153).
- *Tarjeta analógico-digital*: las señales psicofisiológicas fueron procesadas a través de una tarjeta analógico-digital de 12 bits con entrada-salida digital para la presentación de estímulos. La tarjeta estaba conectada a un ordenador PC-Pentium que controlaba el polígrafo y el estimulador auditivo
- *Programa informático VPM 9.1*: la programación de la secuencia de presentación de los estímulos y de registro de las variables psicofisiológicas se realizó a través del sistema de programación VPM versión 9.1 (Cook, 1994)

#### Medidas

*Respuesta cardíaca de defensa*: considerada como la tasa cardíaca segundo-a-segundo, expresada en términos de puntuaciones diferenciales con respecto al promedio de los 15 segundos anteriores al inicio del estímulo acústico, durante los 80 segundos posteriores al inicio de cada estímulo auditivo. El análisis de la respuesta cardíaca de defensa se realizó reduciendo los 80 valores de tasa cardíaca segundo-a-segundo a 10 valores, correspondientes a las medianas de diez intervalos progresivamente mayores, según

las características descriptivas de la respuesta cardíaca de defensa, lo que facilita la inspección visual de los resultados y su análisis estadístico (Vila y Fernández, 1989).

*Reflejo de sobresalto*: entendido como la amplitud de la respuesta electromiográfica integrada del músculo orbicular del ojo izquierdo, iniciada dentro de los 100 milisegundos posteriores al inicio del estímulo y expresada en unidades de microvoltios, desde el punto de inicio hasta el punto de máxima amplitud.

#### Procedimiento

La investigación se llevó a cabo en sesiones individuales de laboratorio con una duración aproximada de una hora, dividida en tres fases:

- *Fase preexperimental*: el experimentador completaba una ficha personal de cada sujeto mediante entrevista, la cual incluía datos sobre la edad, enfermedades pasadas y actuales, tratamiento farmacológico y/o psiquiátrico, problemas visuales y/o auditivos, ejercicio físico, hábitos de fumar e ingesta de alcohol. Seguidamente, se procedía a la lectura de las instrucciones específicas y a la colocación de los sensores. En primer lugar, se colocaban los electrodos para medir las señales electromiográficas siguiendo el procedimiento utilizado por Lang, Bradley y Cuthbert (1990). Éstos consisten en dos microelectrodos de cápsula que se colocan en el músculo orbicular del ojo izquierdo. Posteriormente, se procedía a la colocación de los electrodos del electrocardiograma siguiendo la derivación II: un electrodo de tierra colocado en la superficie dorsal de la pierna derecha; un electrodo activo (polo positivo) se colocaba en el mismo lugar de la pierna izquierda; y el último, un electrodo también activo (polo negativo), en la superficie ventral del antebrazo derecho. Por último, se colocaban al sujeto experimental los auriculares.
- *Fase experimental*: los participantes realizaban el test psicofisiológico de acuerdo a la secuencia descrita anteriormente. Durante la realización de la prueba los participantes permanecían relajados mirando hacia un punto de fijación, situado a 4 metros de distancia.
- *Fase postexperimental*: se retiraban los auriculares y los sensores y, finalmente, los participantes contestaban un *Cuestionario de reactividad subjetiva a los sonidos*.

## Resultados

### Respuesta cardíaca de defensa

Para el análisis de los resultados se realizó un análisis de varianza factorial mixto  $5 \times 2 (\times 10 \times 5)$  con dos factores entregrupos (Tiempo de subida y Sexo) y dos variables intrasujeto (Medianas y Estímulos). En el análisis se encontraron efectos significativos del factor Sexo ( $F_{1,90} = 4.458$  ( $p < 0.038$ ),  $MC_{error} = 327.385$ ), de las variables Estímulos ( $F_{4,360} = 9.615$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 314.910$ ) y Medianas ( $F_{9,810} = 39.527$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 82.424$ ) y de las interacciones Medianas  $\times$  Sexo ( $F_{9,810} = 2.360$  ( $p < 0.043$ ),  $MC_{error} = 82.424$ ) y Estímulos  $\times$  Medianas ( $F_{36,3240} = 11.927$  ( $p < 0.0000$ ),  $MC_{error} = 65.463$ ).

El análisis de la interacción Sexo  $\times$  Medianas indica que existen diferencias en la forma de la respuesta en función del sexo de los participantes (véase figura 1). Concretamente, existe un efecto significativo del Sexo en las Medianas 1 ( $T_{98} = -3.864$ ,  $p < 0.000$ ) y 2 ( $T_{98} = -3.040$ ,  $p < 0.003$ ) –primer componente acelerativo.

En el análisis de la interacción Estímulos  $\times$  Medianas podemos observar efectos diferenciales de la variable Estímulos sobre las medianas 1 ( $F_{4,396} = 12.292$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 29.935$ ), 2 ( $F_{4,396} = 20.920$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 41.398$ ), 4 ( $F_{4,396} = 3.065$  ( $p < 0.030$ ),  $MC_{error} = 77.886$ ), 5 ( $F_{4,396} = 7.209$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 50.471$ ), 6 ( $F_{4,396} = 18.563$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 88.592$ ), 7 ( $F_{4,396} = 25.643$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 100.167$ ), 8 ( $F_{4,396} = 8.398$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 94.589$ ) y 10 ( $F_{4,396} = 9.085$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 33.633$ ). Este análisis indicaría el cambio de la forma de la respuesta a través de los diferentes estímulos (véase figura 2).

*Evocación de la respuesta cardiaca de defensa ante el primer estímulo acústico*

La figura 3 representa la forma de la respuesta para cada uno de los grupos experimentales ante la primera presentación del estímulo auditivo.

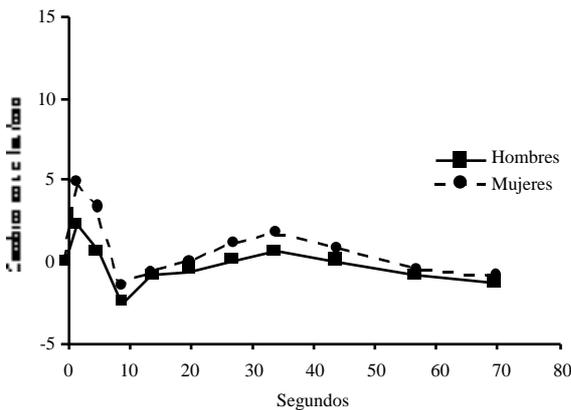
Dado que en el análisis global resultó significativa la interacción Estímulos  $\times$  Medianas y basándonos en la literatura donde se recoge que el patrón completo de la respuesta cardiaca de defensa desaparece prácticamente tras presentación del primer estímulo acústico, se ha llevado a cabo el análisis de la tasa cardiaca ante la presentación del primer estímulo acústico incluyendo el análisis de componentes ortogonales. Se aplicó un

análisis de varianza factorial mixto  $5 \times 2$  ( $\times 10$ ) con dos factores entregrupos (Tiempo de subida y Sexo) y una variable intrasujeto (Medianas). El resultado de los análisis únicamente muestra significativo el efecto de la variable Medianas ( $F_{9,810} = 32.553$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 117.087$ ).

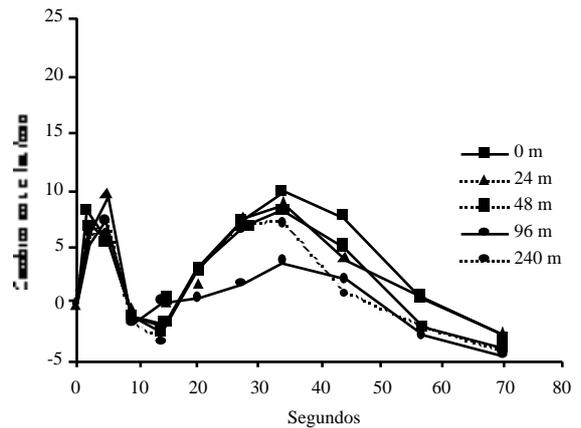
El análisis de tendencias aplicado sobre el factor Medianas declara significativo el componente lineal ( $F_{1,90} = 26.769$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 95.649$ ), y el componente cúbico ( $F_{1,90} = 77.403$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 106.529$ ). La significatividad del componente cúbico del factor Medianas confirma la forma característica de la respuesta cardiaca de defensa con componentes acelerativos y decelerativos descrita en investigaciones anteriores.

*Reflejo de sobresalto*

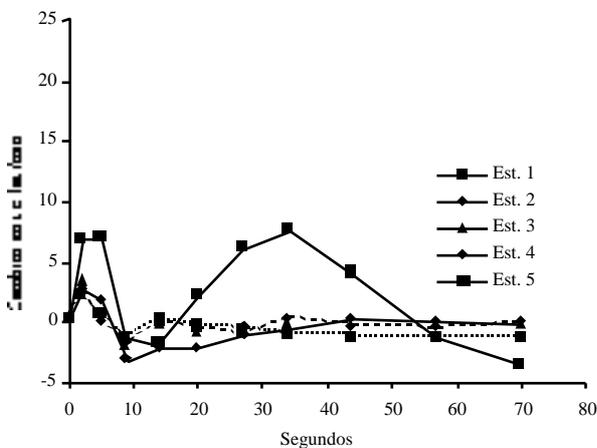
La figura 4 representa la amplitud del reflejo de sobresalto para los diferentes estímulos auditivos en función del tiempo de subida. Para el análisis de los resultados se realizó un análisis de varianza factorial mixto  $5 \times 2$  ( $\times 5$ ) con dos factores entregrupos (Tiempo de subida y Sexo) y una variable intrasujeto (Estímulos). El resultado del análisis pone de manifiesto un efecto significativo del factor Tiempo de subida del estímulo ( $F_{4,90} = 7.436$  ( $p < 0.000$ ,  $MC_{error} = 27432.912$ ).



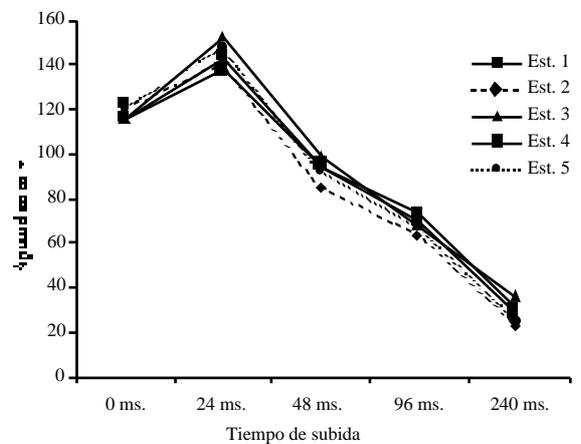
**Figura 1.** Patrón de la respuesta cardiaca de defensa en función del sexo de los participantes



**Figura 3.** Forma de la respuesta ante la primera presentación del estímulo auditivo



**Figura 2.** Habitación de la respuesta cardiaca de defensa



**Figura 4.** Amplitud del reflejo de sobresalto en función del tiempo de subida del estímulo auditivo

El análisis de tendencias realizado sobre el factor Tiempo de subida muestra significativo únicamente el componente lineal ( $F_{1,90} = 24.419$  ( $p < 0.000$ ),  $MC_{error} = 5738.290$ ).

#### Discusión y conclusiones

En líneas generales, los resultados confirman las características descriptivas de la respuesta cardíaca de defensa encontradas en estudios anteriores con componentes acelerativos y decelerativos alternos, así como su rápida tendencia a la habituación. También el patrón electromiográfico integrado reproduce el encontrado en estudios anteriores con relación a la amplitud del reflejo de sobresalto.

Los resultados obtenidos indican que la manipulación de tiempo de subida del estímulo acústico afecta a la amplitud del reflejo de sobresalto: disminuye de forma lineal a partir de tiempos de subida superiores a 24 ms, desapareciendo prácticamente con tiempos de subida de 240 ms. Estos datos confirman la hipótesis de que el tiempo de subida constituye un parámetro importante para la evocación del reflejo motor de sobresalto (Blumenthal, 1988). En cambio, en relación al efecto de la manipulación del tiempo de subida sobre la respuesta cardíaca de defensa, los datos obtenidos indican que la manipulación de este parámetro no afecta a ninguno de los componentes que constituyen el patrón de la respuesta.

En relación al fenómeno de habituación, no se encuentran efectos significativos de la repetición del estímulo en la amplitud del reflejo de sobresalto para ninguna de las condiciones de tiempo de subida. Por el contrario, al igual que en los estudios anteriores, la respuesta cardíaca de defensa muestra el mismo patrón de habituación rápida sin que existan diferencias en función del tiempo de subida. Estos resultados confirman las hipótesis en relación a los efectos diferenciales de la habituación sobre el reflejo de sobresalto y la respuesta cardíaca de defensa.

En cuanto a las diferencias de género, se encontraron diferencias en el primer componente acelerativo de la respuesta cardíaca de defensa: las mujeres muestran una mayor aceleración cardíaca en este componente, resultados que confirman los encontrados en otros estudios. No se encontró, sin embargo, una menor amplitud en el segundo componente acelerativo.

Los resultados obtenidos en el estudio tienen importantes implicaciones con respecto a las teorías que diferencian los reflejos incondicionados en función de parámetros estimuladores tales como intensidad, duración y tiempo de subida. El modelo de Graham (1979) postula que el reflejo de defensa es elicitado por estímulos de intensidad alta, duración prolongada y tiempo de subida lento, estando caracterizado por una aceleración cardíaca de inicio y amplitud máxima tardías (entre 3 y 6 segundos tras la presentación del estímulo). Por su parte, este mismo modelo señala que el reflejo de sobresalto es evocado por estímulos de intensidad alta, duración breve y tiempo de subida rápido, estando caracterizado por una aceleración cardíaca de inicio y máxima amplitud tempranas (entre 0 y 3 segundos después de la presentación del estímulo). En cuanto al modelo de Turpin (1986), éste postula que la diferenciación entre sobresalto y defensa puede seguir haciéndose siguiendo los criterios propuestos por Graham (duración breve y tiempo de subida rápido para sobresalto y duración larga y tiempo de subida lento para defensa) pero que los componentes de la respuesta son diferentes: la primera aceleración con pico máximo de amplitud en torno a los 3-4 segundos correspondería a la respuesta de sobresalto y la segunda aceleración con pico máximo de amplitud en torno a los 35 segundos correspondería a la respuesta de defensa.

Los resultados del estudio no confirman las predicciones en lo que respecta a la respuesta cardíaca de defensa y al esperado efecto del tiempo de subida del estímulo que se derivan desde los modelos de Graham y de Turpin. El tiempo de subida del estímulo acústico manipulado entre 0 y 240 ms, manteniendo constante la energía total del estímulo, no tiene ningún efecto sobre ninguno de los componentes del patrón de la respuesta cardíaca. El mismo patrón con sus cuatro componentes acelerativos y decelerativos se observa en todas las condiciones de manipulación del tiempo de subida. Por tanto, es evidente que este patrón de respuesta no se puede identificar con un reflejo de sobresalto ya que el componente motor de este reflejo sí se ve afectado por el tiempo de subida del estímulo, disminuyendo linealmente a partir de tiempos de subida superiores a 24 ms. Es posible que los estudios previos que han informado de una disminución de la amplitud de la primera aceleración cardíaca (Turpin, 1986), o un adelantamiento temporal de su máxima amplitud (Graham, 1979) cuando se incrementa el tiempo de subida, hayan encontrado este efecto por no haber controlado la reducción de la energía total del estímulo acústico que se provoca cuando se incrementa el tiempo de subida (Dallós y Olsen, 1964). En nuestro caso, al controlar dicho efecto, no hemos obtenidos diferencias en los patrones de la respuesta cardíaca de defensa que puedan atribuirse al tiempo de subida.

Por otra parte, estos resultados deben complementarse con los obtenidos en otro estudio similar al descrito en el que se manipuló la duración del estímulo acústico (Ramírez y cols., 2005). La duración del estímulo acústico (105 dB de intensidad y tiempo de subida instantáneo) se manipuló a 50, 100, 250, 500 y 1.000 milisegundos. Los resultados manifestaron un potente efecto de la duración del estímulo sobre los dos componentes acelerativos de la respuesta cardíaca: la amplitud del primer componente acelerativo disminuye gradualmente a medida que disminuye la duración del estímulo, mientras que el segundo componente acelerativo desaparece con duraciones inferiores a 500 ms. Sin embargo, con respecto al reflejo de sobresalto, la manipulación de la duración del estímulo no tuvo ningún efecto. Estos datos tampoco confirman las predicciones realizadas desde los modelos de Graham y Turpin. Cuando se combinan los resultados de la manipulación del tiempo de subida y la duración del estímulo sobre la respuesta cardíaca de defensa y el reflejo motor de sobresalto, queda claro que las características paramétricas del estímulo auditivo que provoca el patrón de la respuesta cardíaca de defensa son diferentes de las características del estímulo que provoca el reflejo motor de sobresalto y que mediante una manipulación adecuada de la intensidad, duración y tiempo de subida podemos evocar simultáneamente ambas respuestas (defensa cardíaca y sobresalto motor), sólo defensa cardíaca sin sobresalto motor, o sólo sobresalto motor sin defensa cardíaca. De esta forma, para evocar ambas respuestas se precisa utilizar estímulos de intensidad alta, tiempos de subida instantáneos o breves (hasta 24 ms) y duración prolongada (no inferior a 500 ms). Para evocar sólo defensa cardíaca sin sobresalto motor se precisa utilizar estímulos de intensidad alta, tiempos de subida lentos (superiores a 24 ms) y duración prolongada (no inferior a 500 ms). Por último, para evocar sólo sobresalto motor sin defensa cardíaca se precisa utilizar estímulos de intensidad alta, tiempos de subida rápidos (hasta 24 ms) y duración breve (inferior a 500 ms).

Tras estas consideraciones es difícil defender que el patrón de la respuesta cardíaca elicitado por un estímulo auditivo intenso de duración entre 500 y 1.000 ms se corresponda con un conjunto de reflejos independientes (reflejo de sobresalto correspondiente a la

primera aceleración cardíaca y reflejo de defensa correspondiente a la segunda aceleración), tal como ha defendido Turpin (1986), o que el componente cardíaco del reflejo de defensa se limite a una primera aceleración cardíaca con pico acelerativo entre 3 y 6 segundos, tal como ha defendido Graham (1979). De estos datos parece desprenderse, más bien, que el patrón de la respuesta cardíaca de defensa constituye una unidad con diferentes componentes acelerativos y decelerativos activados secuencialmente por el estímulo elicitor. Este patrón de respuesta es diferente del patrón de respuesta cardíaca que se observa cuando sólo se produce el sobresalto motor, cuando la duración del estímulo es inferior a 500 ms. En este caso sólo se observa una primera aceleración cardíaca de idéntica latencia, pero menor amplitud, seguida de una deceleración que se recupera lentamente (Ramírez y cols., 2005)

En cuanto a la rápida habituación del patrón de la respuesta cardíaca de defensa frente a la ausencia de habituación del reflejo motor de sobresalto, al menos dentro del número reducido de ensayos utilizado en nuestros cuatro estudios, tiene también importantes implicaciones metodológicas. Por una parte, la singularidad del primer ensayo con respecto a la respuesta cardíaca de defensa, debido a su rápida habituación, debería desaconsejar el uso de promedios en los que se incluyera el primer ensayo junto con el resto de ensayos dentro de una misma sesión, algo que es habitual en la mayoría de laboratorios.

Con respecto a los resultados obtenidos con respecto a las diferencias de género en cuanto a la respuesta defensiva también tienen importantes implicaciones teóricas y metodológicas. Independientemente de la condición de tiempo de subida, las mujeres muestran una potenciación del primer componente acelerativo de

la respuesta. En el resto de los componentes no se observaron diferencias significativas. Estos datos replican, en parte, los resultados obtenidos anteriormente (Vila y cols., 1992). La confirmación de estas diferencias, teniendo en cuenta que los componentes cardíacos han sido asociados con mecanismos fisiológicos y psicológicos diferentes –la primera aceleración con mecanismos vagales relacionados con la atención, y la segunda aceleración con mecanismos simpáticos relacionados con la preparación para la acción–, apoyan la idea de que las diferencias entre hombres y mujeres en la respuesta cardíaca de defensa reflejan los mecanismos fisiológicos y psicológicos subyacentes a las diferencias de género encontradas en otras variables biológicas y psicológicas. Por ejemplo, la incidencia diferencial de trastornos coronarios entre hombres y mujeres podría explicarse, en parte, por la mayor reactividad vagal –y menor reactividad simpática– en las mujeres frente a los hombres.

Finalmente, las implicaciones metodológicas de las diferencias de género encontradas son también evidentes. En primer lugar, con respecto a la utilización no controlada de participantes de ambos sexos en las investigaciones psicofisiológicas, en general, y en las investigaciones sobre reflejos defensivos, en particular. Y, en segundo lugar, con respecto a la identificación de tales diferencias en función de la tarea y de los parámetros de análisis utilizados. Los resultados obtenidos, tanto en este estudio como en estudios previos, indican que no se puede hablar de mayor o menor reactividad cardíaca, en general, en los hombres que en las mujeres, o viceversa, sin tener en cuenta el procedimiento de evocación de dicha reactividad o sin hacer referencia a los componentes concretos de la respuesta.

## Referencias

- Blumenthal, T.D. (1988). The startle response to acoustic stimuli near startle threshold: effects of stimulus rise and fall time, duration and intensity. *Psychophysiology*, 25, 607-611.
- Cobos, P., García, C., Rius, F., y Vila, J. (2002). Modulación emocional de la respuesta de sobresalto. *Psicothema*, 14(1), 106-111.
- Cook III, E.W. (1994). *VPM Reference Manual*. Birmingham, Alabama: Autor.
- Cook, E., y Turpin, G. (1997). Differentiating orienting, startle, and defense response: the role of affect and its implications for psychopathology. En P.J. Lang, R.F. Simons y M.T. Balaban (eds.): *Attention and orienting* (pp. 137-164). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Dallos, P.J., y Olsen W.O. (1964). Integration of energy at threshold with gradual rise-fall tone pips. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 34(4), 743-751.
- Eves, F.F., y Gruzeliér, J.M. (1985). Individual differences in the cardiac response to novel stimuli. En J.F. Orlebeke, G. Mulder y L.J.P. Van Doornen (eds.): *Psychophysiology of cardiovascular control*. New York: Plenum Press.
- Fernández, M.C., y Vila, J. (1989). La respuesta cardíaca de defensa en humanos (II): diferencias sexuales e individuales. *Boletín de Psicología*, 24, 7-29.
- Graham, F.K. (1979). Distinguishing among orienting, defense and startle reflexes. En H.D. Kimmel, E.H. Van Olst y J.F. Orlebeke (eds.): *The orienting reflex in humans*. New Jersey: Erlbaum.
- Graham, F.H. (1997). After-word. En P.J. Lang, R.F. Simons y M.T. Balaban (eds.): *Attention and orienting*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Landis, C., y Hunt, W. (1939). *The startle pattern*. New York: Farrar.
- Lang P.J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychology*, 50, 372-385.
- Lang, P.J., Bradley, M.M., y Cuthbert, B.N. (1990). Emotion, attention and the startle reflex. *Psychological Review*, 97, 377-395.
- Lang, P. J., Davis, M., y Öhman, A. (2002). Fear and anxiety: Animal models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*, 61, 137-159.
- Marcos, J.L., y Redondo, J. (2004). Modulación del reflejo de parpadeo mediante condicionamiento con imágenes aversivas como estímulos incondicionados. *Psicothema*, 16(3), 391-396.
- Pavlov, I. (1927). *Conditioned reflexes*. Oxford: Oxford University Press.
- Pérez, M.N., Fernández, M.C., García, A., Turpin, G., y Vila, J. (1998). Diferencias individuales asociadas a la respuesta cardíaca de defensa: variables psicofisiológicas y de personalidad. *Psicothema*, 10(3), 609-621.
- Pérez, N., Fernández, M.C., Vila, J., y Turpin, G. (2000). Attentional and emotional modulation of cardiac defense. *Psychophysiology*, 37, 275-282.
- Ramírez, I., Sánchez, M.B., Fernández, M.C., Lipp, O.V., y Vila, J. (2005). Similarities and differences between startle and defense reflexes: effects of stimulus risetime and duration. *Psychophysiology*, 42, 732-739.
- Reyes, G., Vila, J., y García, A. (1994). Physiological significance of the defense response to intense auditory stimulation: A pharmacological blockade study. *International Journal of Psychophysiology*, 17, 181-187.
- Ruiz-Padial, E., Sánchez, M.B., Thayer, J.F., y Vila, J. (2002). Modulación no consciente de la respuesta cardíaca de defensa por imágenes fóbicas. *Psicothema*, 14(4), 739-745.
- Sánchez, M.B., Ruiz-Padial, E., Pérez, N., Fernández, M.C., Cobos, P., y Vila, J. (2002). Modulación emocional de los reflejos defensivos mediante visualización de imágenes afectivas. *Psicothema*, 14(4), 702-707.
- Turpin, G. (1986). Effects of stimulus intensity on autonomic responding: the problem of differentiating orienting and defense reflexes. *Psychophysiology*, 23(1), 1-14.
- Turpin, G., Schaefer, F., y Boucsein, W. (1999). Effects of stimulus intensity, risetime, and duration on autonomic and behavioral responding: implication for the differentiation of orienting, startle and defense responses. *Psychophysiology*, 36, 453-463.

- Vila, J., y Fernández, M.C. (1989a). La respuesta cardiaca de defensa en humanos: efectos de la modalidad e intensidad del estímulo. *Boletín de Psicología*, 22, 59-89.
- Vila, J., y Fernández, M.C. (1989b). The cardiac defense response in humans: effects of predictability and adaptation period. *Journal of Psychophysiology*, 3, 245-258.
- Vila, J., Fernández, M.C., y Godoy, J. (1992). The cardiac defense response in humans: effects of stimulus modality and gender differences. *Journal of Psychophysiology*, 6, 140-154.
- Vila, J., Fernández, M.C., Pegalajar J., Vera, M.N., Robles, H., Pérez, N., Sánchez, M.B., Ramírez, I., y Ruiz-Padial, E. (2003). A new look at cardiac defense: Attention or emotion?. *The Spanish Journal of Psychology*, 6(1), 60-78.